

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Gebrauchsmusteranmeldung**

**Aktenzeichen:** 203 00 823.5

**Anmeldetag:** 17. Januar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Technische Universität Hamburg-Harburg,  
21073 Hamburg/DE; TUHH-Technologie-GmbH,  
21079 Hamburg/DE.

**Bezeichnung:** Keramisches Schneidwerkzeug mit verbesserter Zäh-  
higkeitseigenschaft, Festigkeit und Härte der Rand-  
zonen bzw. der Randschicht, Verfahren zur Herstel-  
lung und Verwendung

**IPC:** C 22 C, B 22 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Gebrauchsmusteranmeldung.

München, den 29. Januar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**

Im Auftrag

Feust

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

# RICHTER, WERDERMANN, GERBAULET & HOFMANN

EUROPEAN PATENT ATTORNEYS° • PATENTANWÄLTE

EUROPEAN TRADEMARK & DESIGN ATTORNEYS

HAMBURG • BERLIN • MÜNCHEN

DIPL.-ING. JOACHIM RICHTER° • BERLIN  
DIPL.-ING. HANNES GERBAULET° • HAMBURG  
DIPL.-ING. FRANZ WERDERMANN° • - 1986  
DIPL.-GEOL. MATTHIAS RICHTER • MÜNCHEN  
DIPL.-PHYS. DR. ANDREAS HOFMANN° • MÜNCHEN

Neuer Wall 10 / II • 20354 HAMBURG

☎ +49/(0)40/34 00 45 / 34 00 56

Telefax +49/(0)40/35 24 15

eMail: ham@rwgh.de

URL: <http://www.rwgh.de>

Ihr Zeichen  
Your File

Unser Zeichen  
Our File

HAMBURG

T 03020 III 6650

17.01.2003 IV/Se

**Anmelder:**

1. Technische Universität  
Hamburg-Harburg  
Schwarzenbergstraße 95  
DE-21073 Hamburg
2. TUHH Technologie GmbH  
Harburger Schloßstraße 6-12  
DE-21079 Hamburg

**Titel:**

**Keramisches Schneidwerkzeug mit verbesserter Zähigkeitseigenschaft, Festigkeit und Härte der Randzonen bzw. der Randschicht, Verfahren zur Herstellung und Verwendung**

Die Erfindung betrifft ein keramisches Schneidwerkzeug, bzw. eine Schneidkeramik mit verbesserter Verschleißfestigkeit, Zähigkeitseigenschaft, Festigkeit und Härte der Randzonen bzw. der Randschicht, ein Verfahren zu dessen Herstellung und Verwendung.

Schneidkeramik ist ein naturharter Schneidstoff auf Oxidbasis. Nach der Zusammensetzung unterscheidet man zwischen den meist weißen Oxidkeramiksarten auf der Basis von Korund ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) mit geringen Zusätzen

von Magnesiumoxid ( $\text{MgO}$ ) und Siliziumoxid ( $\text{SiO}_2$ ) neuerdings auch mit Zirkoniumoxid ( $\text{ZrO}_2$ ) und den schwarzen Mischkeramiksarten mit relativ hohen Anteilen Wolfram- und Titankarbid. Die Herstellung erfolgt durch Sintern oder Heißpressen von 1500 bis 2000°C. Die Härte sinkt erst bei Temperaturen über 1200°C stark ab. Infolge der hohen Verschleißfestigkeit, der geringen Diffusionsneigung und der Oxidationsbeständigkeit sind sehr hohe Schnittgeschwindigkeiten möglich.

Keramische Verbundkörper aus einem Grundgefüge und einer äußeren Randschicht sind durch die DE 41 19 705 bekannt. Dieser keramische Verbundkörper weist eine gasdichte Außenschicht, die vollständig aus verschleißfester Keramik, insbesondere aus Oxiden, Carbiden, Nitriden und/oder Boriden des Aluminiums und Zirkoniums besteht und ein Innengefüge aus einem cermetartigen Gemisch aus metallischen und keramischen Phasen, so wie eine Zwischenschicht, welche die keramische Außenschicht mit dem Innengefüge verbindet und einen kontinuierlichen Übergang von der Außenschicht zum metallhaltigen Innengefüge bildet. Dieser keramische Körper soll sich durch hohe Festigkeit, Verschleißfestigkeit und hoher Thermoschockbeständigkeit auszeichnen, und eine Außenschicht aufweisen, die nicht zum Abplatzen neigt.

Auch die Gradierung von Hartmetallen ist bekannt; sie ermöglicht eine definierte Variation der strukturellen, thermischen und funktionellen Eigenschaften der Hartmetalle. Ebenso kann eine Verbesserung der Gebrauchseigenschaften von Hartmetall- und Keramikschneidstoffen durch Beschichtungen realisiert werden. Je nach Anwendungsschwerpunkt kann die Härte, der Reibungsbeiwert sowie die Oxidationsbeständigkeit variiert werden (DE 197 09 980 C1 und DE 36 08 734 C1). Des weiteren sind Whisker-verstärkte keramische Schneidwerkzeuge bekannt (EP 0 861 219).

Durch die US 3 580 708 sind Schneidkeramiken aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{TiC}$  bekannt.

Es ist Aufgabe der Erfindung, die Verschleißfestigkeit, Zähigkeitseigenschaften, Festigkeiten und Härte mischkeramischer Schneidstoffe zu steigern und einen möglichst niedrigen Herstellungsaufwand zu erzielen. Insbesondere bei der Schichtbearbeitung gehärteter Stähle und der Bearbeitung von Gusswerkstoffen soll das Funktionsverhalten der Schneidkeramik verbessert werden. Weiterhin soll eine scharfkantige Schneidkante und eine nicht zur Abplatzung neigende Randzonenschicht erreicht werden. Außerdem soll die Chargierung der Schneidplatten zur Randzonenerstellung/Beschichtung vereinfacht werden.

Gelöst wird diese Aufgabe bei einem keramischen Schneidwerkzeug mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen und mit einem Verfahren gemäß Anspruch 19 zur Herstellung des keramischen Schneidwerkzeuges.

Das erfindungsgemäße keramische Schneidwerkzeug besteht aus einer auf einer metallischen oder halbmethallischen Verbindung mit Sauerstoff oder Nitrid basierenden mehrphasigen Keramik mit höchstens 40 Vol-% Additiven und/oder Sinterhilfsmitteln und/oder Verunreinigungen und mit höchstens 50 Vol-% einer Opferphase, wobei die Randzone bzw. der Randbereich der Keramik ideal mit dem Grundmaterial verbunden ist und wobei die Keramik im letzten Herstellungsschritt der Hartbearbeitung einer nachträglichen heiß-isostatischen Pressung unterworfen ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

So besteht bevorzugterweise das Schneidwerkzeug mit Randzonen bzw. Randschicht aus einer auf Aluminiumoxid basierende mehrphasige Kera-

mik mit höchsten 40 Vol-% Additiven und/oder Sinterhilfsmitteln und/oder Verunreinigungen und weist höchsten 50 Vol-% einer Opferphase auf, wobei die Randzone ideal mit dem Grundmaterial verbunden ist.

Die Opferphase ist das Oxid und/oder eine Sauerstoff-beinhaltende Verbindung aus Kohlenstoff und/oder Stickstoff und/oder Bor, eines oder mehrerer charakteristischer Elemente der 3. und/oder 4. und/oder 5. Periode, der IV und/oder V und/oder VI Nebengruppe des Periodensystems der Elemente und/oder Bor und/oder Silizium. Des weiteren kann die Opferphase eine Verbindung aus Sauerstoff und/oder Kohlenstoff und/oder Stickstoff und/oder Bor, eines oder mehrerer charakteristischer Elemente der 3. und/oder 4. und/oder 5. Periode, der IV und/oder V und/oder VI Nebengruppe des Periodensystems der Elemente und/oder Bor und/oder Silizium sein. Die charakteristischen Elemente sind vorzugsweise Elemente der 3. oder 4. oder 5. Periode, der IV oder V oder VI Nebengruppe des Periodensystems der Elemente und/oder Bor und/oder Silizium, vorzugsweise Titan und/oder Zirkon und/oder Vanadium und/oder Wolfram und/oder Bor und/oder Silizium, speziell Titan und/oder Bor und/oder Silizium.

Das bei dem keramischen Schneidwerkzeug eingesetzte Grundmaterial wird durch eine aluminothermische Herstellung und/oder heißisostatischem Sintern und/oder Heißpressen und/oder Mikrowellensintern und/oder Lasersintern bereitgestellt. Die mehrphasige Keramik besteht aus mindestens zwei charakteristischen Gefügebestandteilen (Phasen), die vorzugsweise  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und einer Opferphase, vorzugsweise einem Oxid und/oder Oxidkarbid und/oder Oxidnitrid und/oder Oxidborid und/oder Oxidkarbonitrid und/oder Oxikarboborid und/oder Oxibornitrid und/oder Oxikarbobornitrid, wobei mehrphasige Kermaik aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , vorzugsweise aus  $\text{Al}_2\text{C}_3$  ohne Verunreinigungen, speziell aus hochreinem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  besteht. Die  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierte mehrphasige Keramik enthält höchsten 40 Vol-% Additive und/oder Sintershilfsmittel und/oder Verunreinigung, wobei es sich

vorzugsweise um  $\text{ZrO}_2$  handelt; das Gefüge weist eine mittlere Korngröße zwischen 100 nm bis 10  $\mu\text{m}$  vorzugsweise zwischen 300 nm und 5  $\mu\text{m}$ , speziell zwischen 500 nm und 3  $\mu\text{m}$  auf.

Bei dem Schneidwerkzeug besteht die Randzone aus Karbiden und/oder Nitriden und/oder Boriden und/oder Karbonitriden und/oder Karboboriden und/oder Bornitriden und/oder Karbobornitriden eines oder mehrerer charakteristischer Elemente mit einer Dicke zwischen 0,1  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 0,5  $\mu\text{m}$  und 8  $\mu\text{m}$  spezielle zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 4  $\mu\text{m}$ , wobei die Randzone auch aus Karbiden und/oder Karbobornitriden eines oder mehrerer charakteristischer Elemente bestehen kann; mit dem Grundmaterial wird eine homogene Übergangszone von zwischen 50 nm und 5  $\mu\text{m}$  gebildet. Die auf  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierte mehrphasige Keramik enthält höchstens 50 Vol-% eines Oxides und/oder Oxikarbides und/oder Oxinitrides und/oder Oxiborides und/oder Oxikarbonitrides und/oder Oxikarboborides und/oder Oxibornitrides und/oder Oxikarbobornitrides eines oder mehrerer charakteristischer Elemente, wobei das Gefüge eine mittlere Korngröße zwischen 100 nm bis 10  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 300 nm und 5  $\mu\text{m}$ , speziell zwischen 500 nm und 3  $\mu\text{m}$  aufweist.

Des weiteren können der  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierten mehrphasige höchstens 20 Vol-% Additive und höchstens 50 Vol-% eines Oxides und/oder Oxikarbides und/oder Oxinitrides und/oder Oxiborides und/oder Oxikarbonitrides und/oder Oxikarboborides und/oder Oxibornitrides und/oder Oxikarbobornitrides und 40 Vol-% eines Karbides und/oder Nitrides und/oder Borides und/oder Karbonitrides und/oder Bornitrides und/oder Karboborides und/oder Karbobornitrides eines oder mehrerer charakteristischer Elemente zugesetzt sein, wobei das Gefüge eine mittlere Korngröße zwischen 100 nm bis 10  $\mu\text{m}$  aufweist, vorzugsweise zwischen 300 nm und 5  $\mu\text{m}$  speziell zwischen 500 nm und 3  $\mu\text{m}$  aufweist. Die Opferphase, im speziellen Titanoxide und/oder Titanoxikarbid und/oder Titanoxinitrid und/oder Titanoxikarbonitrid weist eine geringere Nanohärte als  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , höchstens

26 GPa (gemessen mit Berkovichindenter, bei 3mN), vorzugsweise höchstens 25 GPa, genau 23 GPa auf. Die Randzonen des keramischen Schneidwerkzeuges bzw. der Schneidkeramik weist aus Karbiden und/oder Nitriden und/oder Boriden und/oder Karbonitriden und/oder Bornitriden und/oder Karboboriden und/oder Karbobornitriden eines oder mehrerer charakteristischer Elemente, im speziellen Titankarbid und/oder Titankarbonitrid, weist eine höhere Nanohärte als  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , vorzugsweise im Bereich von 27 GPa bis 35 GPa (gemessen mit Berkovichindenter bei 3 mN), speziell 29 GPa bis 32 GPa auf. Eine weitere Ausgestaltung des keramischen Schneidwerkzeuges sieht vor, daß die Randzone aus Karbiden und/oder Nitriden und/oder Boriden und/oder Karbonitriden und/oder Bornitriden und/oder Karboboriden und/oder Karbobornitriden eines oder mehrerer charakteristischer Elemente wie eine Beschichtung bzw. ein Beschichtungsschema (mehrlagige Beschichtung aus gleichen und/oder verschiedenen Materialien) mittels chemischer und/oder physikalischer Abscheidung die Eigenschaften des Schneidwerkzeuges beeinflußt, bevorzugt die Härte und die Verschleißfestigkeit verändert, speziell die Gebrauchseigenschaften verbessert.

Die erfindungsgemäße Schneidkeramik wird u. a. für Zerspannungswerkzeuge eingesetzt und zwar zur Bearbeitung metallischer Werkstoffe mit einer Härte größer 50 HRC, vorzugsweise gehärteter Stahl und/oder Gusswerkstoffen, mit einer Spanfläche und einer Freifläche und einer am Zusammentreffen der Spanfläche und der Freifläche gebildeten Schneidkante, die vorzugsweise gefaßt ist.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Schneidkörpers mit verbesserter Verschleißfestigkeit, Zähigkeitseigenschaft, Festigkeit und Härte der Randzonen bzw. der Randschicht, mit den in Anspruch 18 angegebenen Verfahrensmäßen, die darin bestehen, daß ein Grundmaterial bereitgestellt wird, das aus einer  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierten mehrphasigen Keramik mit einer Zusammensetzung aus minde-

stens 50 Vol-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  höchstens 40 Vol-% Additiv und/oder Sinterhilfsmittel und/oder Verunreinigungen, und höchstens 50 Vol-% einer Opferphase und/oder höchstens 40 Vol-% eines Karbides und/oder Nitrides und/oder Borides und/oder Karbonitrides und/oder Bornitrides und/oder Karboborides und/oder Karbobonitrides eines oder mehrerer charakteristischer Elemente besteht,

- daß nach der Pulveraufbereitung eine Grünkörperherstellung mit anschließendem Reaktionssintern erfolgt,
- daß anschließend eine Hartbearbeitung des gesinterten Grünkörpers vorgenommen wird, und
- daß nach der Hartbearbeitung ein heiss-isostatisches Pressen bevorzugterweise bei  $1550^\circ - 1640^\circ\text{C}$  oder anderen geeigneten Temperaturen zum keramischen Schneidkörper mit besonderer Schneidkanten geometrie, vorzugsweise durch Schleifen, im besonderen der Spanfläche, Schutzfase und Freifläche unter Erzeugung einer Randzone auf der  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierendes mehrphasiges Keramik erfolgt.

Des weiteren sieht die Erfindung die Verwendung eines keramischen Schneidwerkzeuges mit verbesserter Verschleißfestigkeit, Zähigkeitseigenschaft, Festigkeit und Härte der Randzonen bzw. Randschicht, als Teil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17 im Apparate- und Maschinenbau, insbesondere als Schneidplatte, vor.

Aufgrund der erfindungsgemäßen Ausgestaltung wird ein keramisches Schneidwerkzeug geschaffen, das eine hohe Verschleißfestigkeit, Zähigkeitseigenschaften, Festigkeiten und Härte, insbesondere in den Randzonen bzw. Randschichten, aufweist. Die Verschleißfestigkeit, die Zähigkeitseigenschaften, die Festigkeiten und die Härte derartiger mischkeramischer Schneidstoffe wird gesteigert, wobei ein möglichst niedriger Herstellungsaufwand erreicht wird. Insbesondere bei der Schlichtbearbeitung gehärteter Stähle und der Bearbeitung von Gusswerkstoffen wird das



Funktionsverhalten der Schneidkeramik verbessert. Weiterhin wird eine scharfkantige Schneidkante und eine nicht zur Abplatzung neigende Randzonenschicht erreicht. Außerdem soll die Chargierung der Schneidplatten zur Randzonenherstellung/Beschichtung vereinfacht werden.

Aufgrund des Phasenbestandes (Titanoxid, Titanoxikarbid, Titanoxinitrid, Titanoxikarbonitrid, Titanborid, Borkarbid, Siliziumkarbid und einer einfach zu realisierenden Ofenatmosphäre wird die Chargierung zur Randzonenherstellung/Beschichtung vereinfacht.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet die Möglichkeit, bzw. die erfindungsgemäßen Schneidkörper bieten den Vorteil, daß die Härte-/Verschleiß- und Zähigkeits-/Biegefestigkeitseigenschaften von Grundmaterial und Randschicht separat optimiert werden können. So kann beispielsweise der in der Hartschlichtbearbeitung standzeitbestimmende Freiflächenverschleiß vermindert werden, ohne die Zähigkeit zu reduzieren.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen nachstehend in Verbindung mit den Figuren erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 in einer schaubildlichen Ansicht den erfindungsgemäßen keramischen Schneidkörper mit besonders ausgebildeten Randzonen,

Fig. 2 eine raster-elektronenmikroskopische Wiedergabe vom Aufbau der keramischen Schneidkörpermorphologie eines keramischen Schneidkörpers mit besonders ausgebildeter Randzone,

Fig. 3 den Verfahrensablauf zur Herstellung des keramischen Schneidkörpers in einer schematischen Darstellung, und

Fig. 4 eine weitere schematische Darstellung der Verfahrensabläufe zur Herstellung des keramischen Schneidkörpers.

Der in Fig. 1 dargestellte keramische Schneidkörper (Schneidkeramik) 10 weist verschleißfeste Randzonen 20 mit hohen Zähigkeitseigenschaften, hoher Festigkeit und Härte auf (Fig. 1 und 2). Die Technologie zur Herstellung einer derartigen erfindungsgemäßen Mischkeramik wird nachstehend beispielhaft beschrieben:

Dem Verfahren liegt eine exotherme Reduktion eines Metalloxides durch metallisches Aluminium unter in-situ-Bildung von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  zugrunde. Durch Zugabe keramische Hartstoffphasen z.B.  $\text{TiC}$ ,  $\text{Ti(C,N)}$ ,  $\text{TiN}$  in die Ausgangspulvermischung, können verschiedene Mischkeramiken hergestellt werden. Die aluminiothermische Herstellung von Mischkeramiken ist in Fig. 3 und 4 schematisch dargestellt. Der Pulveransatz setzt sich aus reaktiven und inerten Bestandteilen zusammen. Die reaktiven Bestandteile Aluminium und  $\text{TiO}_2$  realisieren die in-situ-Bildung von  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Die Reaktionspartner befinden sich jedoch nicht in einem stöchiometrischen Verhältnis, so daß kein metallisches Titan verbleibt, sondern eine Titan- Mischphase eines Titanoxikarbid bzw. Titanoxikarbonitrid bzw. Titannitrid aus den primären Bestandteilen  $\text{TiO}_2$  sowie dem Kohlenstoff der Ofenatmosphäre, aus den Graphitheizelementen des Ofens oder einem die Probe umgebenden Graphitbett, sowie dem optional verwendeten primären Hartstoff  $\text{TiC}$ ,  $\text{Ti(C,N)}$  bzw.  $\text{TiN}$  gebildet wird.

Alternative Prozeßrouten um zu einem geschliffenen Schneidkörper zu gelangen, bestehen darin, daß der Schneidkörper nachbehandelt wird. Alternativ zu den Sinterverfahren sind auch das Mikrowellensintern oder das Lasersintern möglich.

Die gesinterten Schneidplattenrohlinge werden mittels Schleifen an Freifläche, Spanfläche und Schneidkante hartbearbeitet und mit der gewünschten Schneidkantengeometrie versehen.

Erfindungsgemäß wird als letzter Herstellungsschritt der Hartbearbeitung ein nachträgliches heiß-isostatisches Pressen angeschlossen. Infolge der Beschaffenheit der aluminothermisch gesinterten Mischkeramik sowie einer nicht oxidierenden Kohlenstoff- (infolge der Graphitheizelemente des Ofens und/oder des die Probe umgebende Graphitpulverbettes) bzw. Stickstoff-haltigen (infolge des verwendeten Spül- bzw. Druckgases) Atmosphäre ist die Bildung einer TiC, TiN bzw. Ti(C,N)-Randzone, deren positive Wirkung auf die Gebrauchseigenschaften in Zerspanversuchen festgestellt wurde. Es ist bekannt, daß die Materialien der Stoffsysteme Titan und Sauerstoff und/oder Kohlenstoff und/oder Stickstoff einen hohen Anteil an Leerstellen im Gitter beeinhalteln können und somit keine Stöchiometrie der Phasen voraussetzen bzw. eine Änderung der verschiedenen Wertigkeiten aufweisen kann.

Der Vorteil des Verfahrens zur Herstellung mischkeramischer Schneidstoffe mit einer Randzonenschicht ist eine einfache Chargierung der Schneidkörper zur Randzonenerzeugung.

Selbstverständlich können erfindungsgemäße Schneidkörper zur weiteren Steigerung der Gebrauchseigenschaften mit den bekannten Beschichtungsverfahren, z.B. PVD und/oder CVD nachträglich beschichtet werden.

Die Herstellung des erfindungsgemäßen Schneidkörpers erfolgt gemäß Fig. 3 in anderen Stufen, wobei auf die in Fig. 3 angegebenen Verfahrensbedingungen bezug genommen wird. In Stufe A erfolgt die Herstellung des Pulversatzes, d.h. der Mischung aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , TiC, Al und  $\text{TiO}_2$ . Hieran schließt sich in Stufe B die Pulveraufbereitung durch Attritieren an.

Es findet dann in Stufe C die Pulverkonditionierung, wie Trocknen und Sieben statt. In Stufe D wird der Grundkörper hergestellt durch uniaxiales Pressen und anschließend kalt-isostatischem Pressen. Stufe F beinhaltet das Reaktionssintern, bevorzugterweise bei  $1550^{\circ} - 1650^{\circ}\text{C}$  im Vakuum über einen Zeitraum von 30-60 Minuten. Es schließt sich dann in Stufe F die Hartbearbeitung (Trennen, Schleifen) an und letztlich erfolgt dann gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren in Stufe G das heiß-isostatische Pressen, bevorzugterweise bei  $1550^{\circ} - 1650^{\circ}\text{C}$ , in Argon-Atmosphäre über einen Zeitraum von 10 Minuten an, so daß ein keramischer Schleifkörper mit den vorangehend angegebenen Eigenschaften in den Randzonen bzw. Randkanten erhalten wird. Die angegebenen Temperaturbereiche stellen keine Bereichsbegrenzung dar, auch von den angegebenen Temperaturbereichen abweichende Behandlungstemperaturen sind möglich.

Die in Fig. 3 angegebenen Verfahrensstufen sind im schematisch dargestellten Verfahrensablauf gemäß Fig. 4 wiedergegeben, wobei jedoch die Stufe E mit dem Reaktionssintern den Ablauf des Sinterns der einzelnen Pulverelemente verdeutlicht.

### **Ansprüche**

1. Keramisches Schneidwerkzeug mit verbesserter Verschleißfestigkeit Zähigkeitseigenschaft, Festigkeit und Härte der Randzonen bzw. Randschicht,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß das keramische Schneidwerkzeug (Schneidkeramik) (10) aus einer aus mindestens einer metallischen oder halbmimetallischen Verbindung mit Sauerstoff oder Nitrid basierenden mehrphasigen Keramik mit höchstens 40 Vol-% Additiven und/oder Sinterhilfsmitteln und/oder Verunreinigungen und mit höchstens 50 Vol-% einer Opferphase besteht, wobei die Randzone bzw. der Randbereich (20) der Keramik ideal mit dem Grundmaterial verbunden ist und wobei die Keramik im letzten Herstellungsschritt der Hartbearbeitung einer nachträglichen heiß-isostatischen Pressung zur Bildung von Randzonen bzw. Randbereichen durch thermische Auslagerung und/oder durch thermisch druckunterstützte Auslagerung des Kermaikgrundmaterials unterworfen ist.
2. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der keramische Schneidkörper (10) mit Randzonen bzw. Randschichten (20) aus einer auf Aluminiumoxid basierenden mehrphasigen Keramik mit höchstens 40 Vol-% Additiven und/oder Sinterhilfsmitteln und/oder Verunreinigungen besteht und höchstens 50 Vol-% einer Opferphase aufweist, wobei die Randzone ideal mit dem Grundmaterial verbunden ist.
3. Schneidwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Opferphase das Oxid und/oder eine Sauerstoff-beinhaltenden Verbindung aus Kohlenstoff und/oder Stickstoff und/oder Bor, eines oder mehrerer charakteristischer Elemente der 3. und/oder 4. und/oder 5. Periode, der IV und/oder V und/oder VI

Nebengruppe des Periodensystems der Elemente und/oder Bor und/oder Silizium ist.

4. Schneidwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Opferphase eine Verbindung aus Sauerstoff und/oder Kohlenstoff und/oder Stickstoff und/oder Bor, eines oder mehrerer charakteristischer Elemente der 3. und/oder 4. und/oder 5. Periode, der IV und/oder V und/oder VI Nebengruppe des Periodensystems der Elemente und/oder Bor und/oder Silizium ist.
5. Schneidwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die charakteristischen Elemente vorzugsweise Elemente der 3. oder 4. oder 5. Periode, der IV oder V oder VI Nebengruppe des Periodensystems der Elemente und/oder Bor und/oder Silizium, vorzugsweise Titan und/oder Zirkon und/oder Vanadium und/oder Wolfram und/oder Bor und/oder Silizium, speziell Titan und/oder Bor und/oder Silizium sind.
6. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Grundmaterial durch eine aluminothermische Herstellung und/oder Heißisostatischem Sintern und/oder Heißpressen und/oder Mikrowellensintern und/oder Lasersintern bereitgestellt ist.
7. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die mehrphasige Keramik aus mindestens zwei charakteristischen Gefügebestandteilen (Phasen), vorzugsweise  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und einer Opferphase, vorzugsweise einem Oxid und/oder Oxikarbid und/oder Oxinitrid und/oder Oxiborid und/oder Oxikarbonitrid und/oder Oxikarboborid und/oder Oxibornitrid und/oder Oxikarbobornitrid besteht.
8. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierte mehrphasige Keramik aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , vorzugs-

weise aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ohne Verunreinigungen, speziell aus hochreinem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  besteht.

9. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierte mehrphasige Keramik höchstens 40 Vol-% Additive und/oder Sinterhilfsmittel und/oder Verunreinigung enthält, wobei es sich vorzugsweise um  $\text{ZrO}_2$  handelt, und das Gefüge eine mittlere Korngröße zwischen 100 nm bis 10  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 300 nm und 5  $\mu\text{m}$ , speziell zwischen 500 nm und 3  $\mu\text{m}$  aufweist.
10. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Randzone (20) aus Karbiden und/oder Nitriden und/oder Boriden und/oder Karbonitriden und/oder Karboboriden und/oder Bornitriden und/oder Karbobornitriden eines oder mehrerer charakteristischer Elemente mit einer Dicke zwischen 0,1  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 0,5  $\mu\text{m}$  und 8  $\mu\text{m}$ , speziell zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 4  $\mu\text{m}$ , aufweist.
11. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Randzone (20) aus Karbiden und/oder Nitriden und/oder Boriden und/oder Karbonitriden und/oder Karboboriden und/oder Bornitriden und/oder Karbobornitriden eines oder mehrerer charakteristischer Elemente mit dem Grundmaterial besteht und eine homogene Übergangszone von zwischen 50 nm und 5  $\mu\text{m}$  bildet.
12. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die auf  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierte mehrphasige Keramik höchstens 50 Vol-% eines Oxides und/oder Oxikarbides und/oder Oxinitrides und/oder Oxiborides und/oder Oxikarbonitrides und/oder Oxikarboborides und/oder Oxibornitrides und/oder Oxikarbobornitrides eines oder mehrerer charakteristischer Elemente enthält, und das Gefüge eine mittlere Korngröße zwischen 100 nm bis 10  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise

zwischen 300 nm und 5  $\mu\text{m}$ , speziell zwischen 500 nm und 3  $\mu\text{m}$ , aufweist.

13. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierten mehrphasige Keramik höchstens 20 Vol-% Additive und höchstens 50 Vol-% eines Oxides und/oder Oxikarbides und/oder Oxinitrides und/oder Oxiborides und/oder Oxikarbonitrides und/oder Oxikarboborides und/oder Oxibornitrides und/oder Oxikarbobornitrides und 40 Vol-% eines Karbides und/oder Nitrides und/oder Borides und/oder Karbonitrides und/oder Bornitrides und/oder Karboborides und/oder Karbobornitrides eines oder mehrerer charakteristischer Elemente zugesetzt sind, wobei das Gefüge eine mittlere Korngröße zwischen 100 nm bis 10  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 300 nm und 5  $\mu\text{m}$ , speziell zwischen 500 nm und 3  $\mu\text{m}$ , aufweist.
14. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Opferphase, im speziellen Titanoxid und/oder TitanOxikarbid und /oder TitanOxinitrid und/oder TitanOxikarbonitrid, eine geringere Nanohärte als  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , höchstens 26 GPa (gemessen mit Berkovichindenter, bei 3 mN), vorzugsweise höchstens 25 GPa, genau 23 GPa aufweist.
15. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Randzone aus Karbiden und/oder Nitriden und/oder Boriden und/oder Karbonitriden und/oder Bornitriden und/oder Karboboriden und/oder Karbobornitriden eines oder mehrerer charakteristischer Elemente, im speziellen Titankarbid und/oder Titankarbonitrid eine höhere Nanohärte als  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , vorzugsweise im Bereich von 27 GPa bis 35 GPa (gemessen mit Berkovichindenter, bei 3 mN), speziell 29 GPa bis 32 GPa besteht.



16. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Randzone (20) aus Karbiden und/oder Nitriden und/oder Boriden und/oder Karbonitriden und/oder Bornitriden und/oder Karboboriden und/oder Karbobornitriden eines oder mehrerer charakteristischer Elemente besteht und eine Beschichtung bzw. ein Beschichtungsschema (mehrlagige Beschichtung aus gleichen und/oder verschiedenen Materialien) vorgesehen ist, wobei mittels chemischer und/oder physikalischer Abscheidung die Eigenschaften des Schneidwerkzeuges beeinflusst und bevorzugt die Härte und die Verschleißfestigkeit verändert, speziell die Gebrauchseigenschaften verbessert werden.
17. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß als Zerspannwerkzeug zur Bearbeitung metallischer Werkstoffe mit einer Härtegröße 50 HRC, vorzugsweise gehärteter Stahl und/oder Gusswerkstoffen der Schneidkörper (10) eine Spanfläche und eine Freifläche und eine am Zusammentreffen der Spanfläche und der Freifläche gebildeten Schneidhaut, die vorzugsweise gefast ist, aufweist.
18. Schneidwerkzeug nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Randzone bzw. Randbereich (20) des Schneidwerkzeuges (Schneidkeramik) eine PVD- oder CVD-Beschichtung aufgebracht ist.
19. Verfahren zur Herstellung eines keramischen Schneidwerkzeuges mit einer verbesserten Verschleißfestigkeit, Zähigkeitseigenschaft, Festigkeit und Härte der Randzonen bzw. Randschicht, nach den Ansprüchen 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet,
  - daß ein Grundmaterial bereitgestellt wird, das aus einer  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierten mehrphasigen Keramik mit einer Zusammensetzung aus mindestens 50 Vol-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Additiv und/oder Sinterhilfs-

mittel und/oder Verunreinigungen, und höchstens 50 Vol-% einer Opferphase und/oder höchstens 40 Vol-% eines Karbides und/oder Nitrides und/oder Borides und/oder Karbonitrides und/oder Bornitrides und/oder Karboborides und/oder Karbobornitrides eines oder mehrerer charakteristischer Elemente besteht,

- daß nach der Pulveraufbereitung eine Grünkörperherstellung mit anschließendem Reaktionssintern erfolgt,
- daß anschließend eine Hartbearbeitung des gesinterten Grünkörpers vorgenommen wird, und
- daß nach der Hartbearbeitung ein heiss-isotatisches Pressen bevorzugterweise bei 1550° - 1650°C oder anderen geeigneten Temperaturen zum keramischen Schneidkörper mit besonderer Schneidkantengeometrie, vorzugsweise durch Schleifen, im besonderen der Spanfläche, Schutzfase und Freifläche unter Erzeugung einer Randzone auf der  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierenden mehrphasigen Keramik erfolgt.

20. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren folgende Schritte umfaßt:

Bereitstellen eines Grundmaterials, dass aus einer  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierten mehrphasigen Keramik mit einer Zusammensetzung aus mindestens 50 Vol-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , höchstens 40 Vol-% Additiv und/oder Sinterhilfsmittel und/oder Verunreinigungen, und höchstens 50 Vol-% einer Opferphase und/oder höchstens 40 Vol-% eines Karbides und/oder Nitrides und/oder Borides und/oder Karbonitrides und/oder Bornitrides und/oder Karboborides und/oder Karbobornitrides eines oder mehrerer charakteristischer Elemente besteht; Herstellung der gewünschten Schneidkantengeometrie, vorzugsweise durch Schleifen, im besonderen der Spanfläche, Schutzfase und Freifläche, und Erzeugung der Randzone auf der  $\text{Al}_2\text{O}_3$  basierten mehrphasigen Keramik.

21. Verfahren nach Anspruch 19 und 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Randzone durch thermische Auslagerung des Grundmaterials erfolgt.
22. Verfahren nach Anspruch 19 und 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Randzone durch thermisch druckunterstützte Auslagerung des Grundmaterials erfolgt.
23. Verfahren nach Anspruch 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Randzone durch thermische oder thermisch druckunterstützte Auslagerung in nicht oxidierender, kohlenstoffhaltiger Atmosphäre gebildet wird.
24. Verfahren nach Anspruch 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Randzone durch thermische oder thermisch druckunterstützte Auslagerung in nicht oxidierender, stickstoffhaltiger Atmosphäre gebildet wird.
25. Verfahren nach Anspruch 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Randzone durch thermische oder thermisch druckunterstützte Auslagerung unter Verwendung von Spül- und/oder Druckgasen, im besonderen in Argon und/oder Stickstoff, in nicht oxidierender Atmosphäre, speziell kohlenstoff- und/oder stickstoffhaltiger Atmosphäre erfolgt.
26. Verfahren nach Anspruch 19 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Randzone durch thermische oder thermisch druckunterstützte Auslagerung bei Maximaltemperaturen zwischen 1000 °C und 2500 °C, vorzugsweise zwischen 1300 °C und 2000 °C, speziell zwischen 1550 °C und 1650 °C erfolgt.
27. Verfahren nach Anspruch 19 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Randzone durch thermische oder thermisch druckunterstützte

Auslagerung bei einem Druck von zwischen 0,001 mbar und 3000 bar, vorzugsweise bei einem Druck zwischen 0,01 mbar und 2500 bar, speziell 0,02 mbar und 2000 bar erfolgt.

28. Verfahren nach Anspruch 19 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Randzone durch thermische oder thermisch druckunterstützte Auslagerung durch Haltezeiten zwischen 1 min und 300 min, vorzugsweise zwischen 5 min und 180 min, speziell zwischen 10 min und 60 min (bei entsprechend Anspruch 26 gewähltem Druck und/oder entsprechend Anspruch 25 gewählter Temperatur) erfolgt.
29. Verfahren nach Anspruch 19 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische oder thermisch druckunterstützte Auslagerung in einem Ofen mit Kohlenstoffheizelementen und/oder die Probe in einem Kohlenstoffbett oder Kohlenstoff-haltigen Sinterbett erfolgt.
30. Verwendung eines keramischen Schneidwerkzeuges mit verbesserter Verschleißfestigkeit, Zähigkeitseigenschaften, Festigkeit und Härte der durch thermische und/oder druckunterstützte Auslagerung des Keramikgrundmaterial erzeugten Randzone bzw. Randschicht, als Teil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18 im Apparate und Maschinenbau, insbesondere als Schneidplatte.

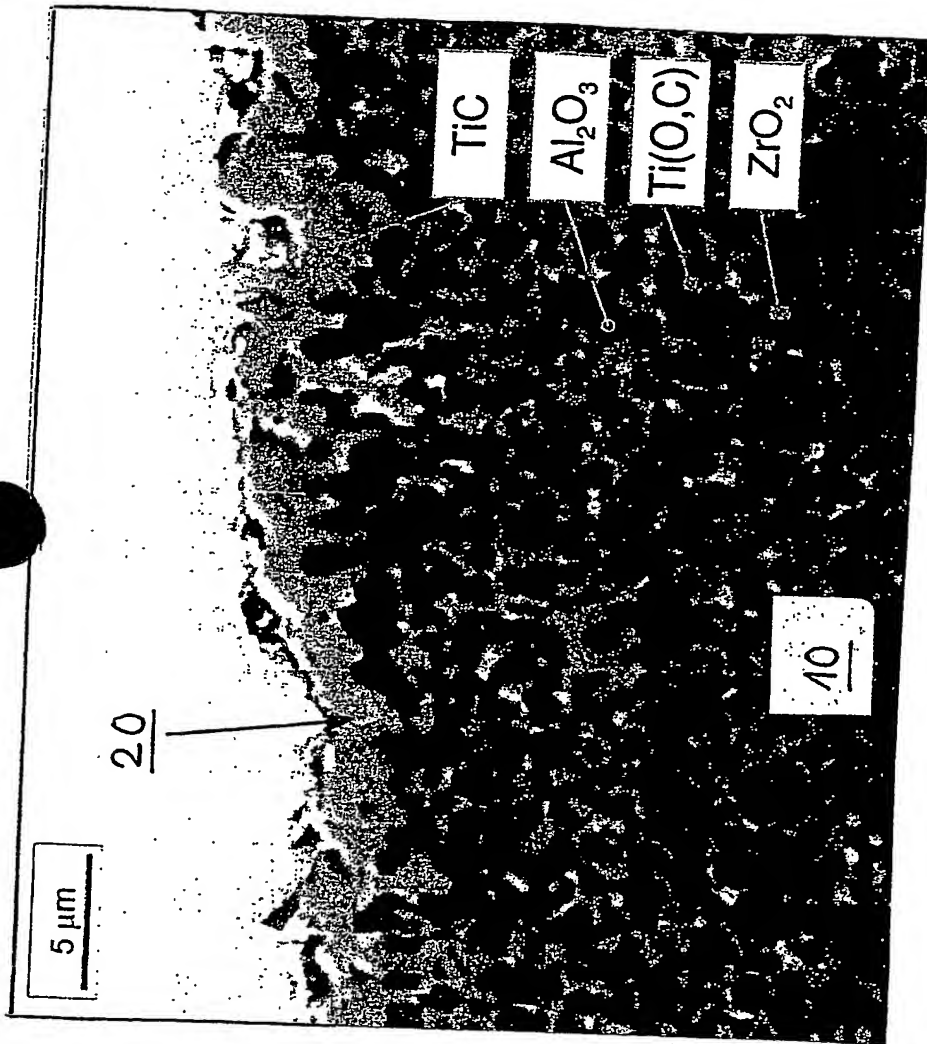


Fig. 2

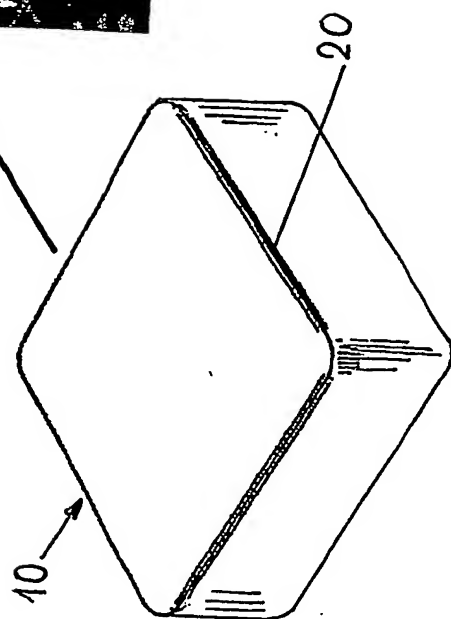


Fig. 1

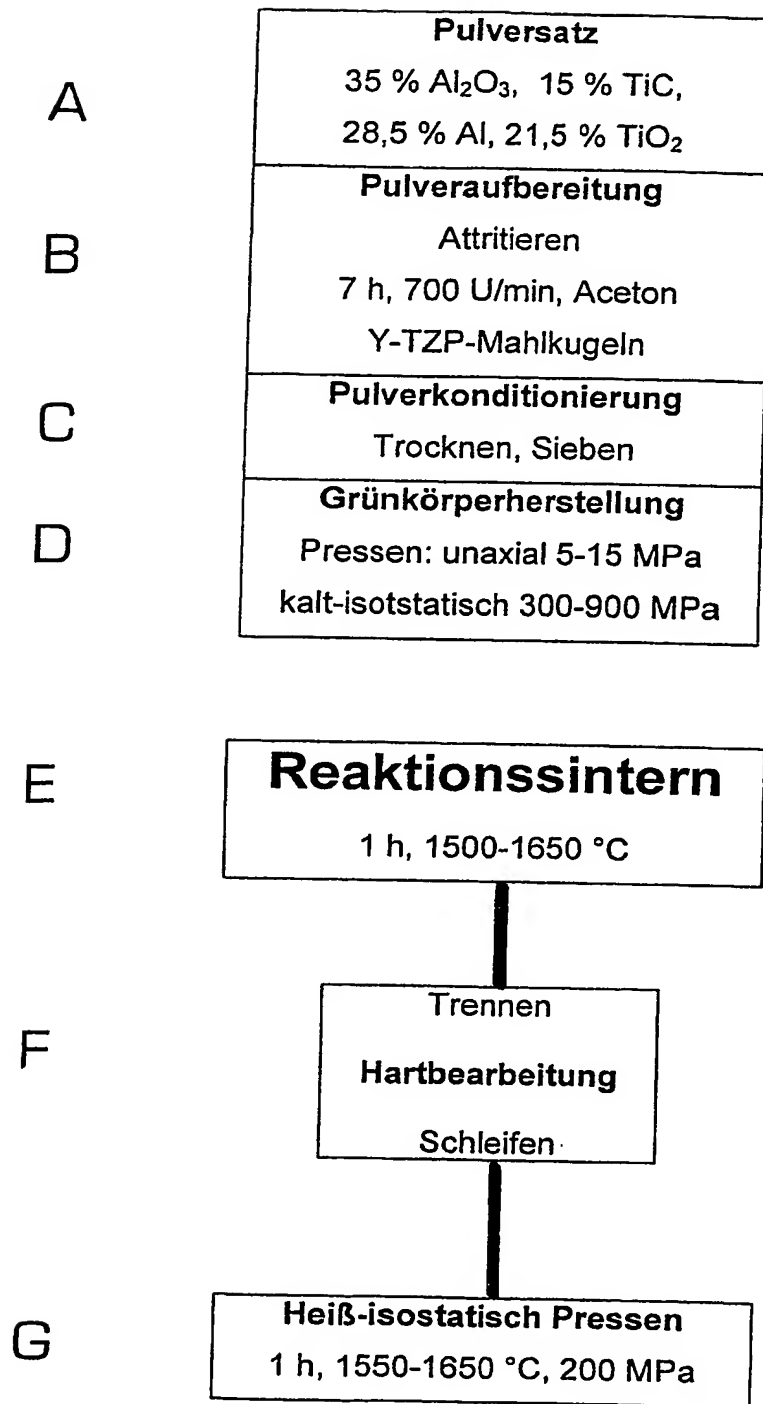


Fig. 3

Fig. 4

